

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-267057

(43)Date of publication of application : 29.09.2000

(51)Int.Cl. G02F 1/09
G09F 9/30
H01F 10/14

(21)Application number : 11-071311

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 17.03.1999

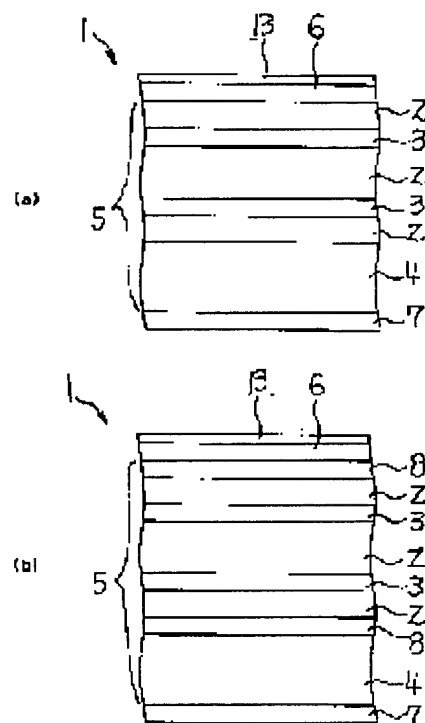
(72)Inventor : KATSURAGAWA TADAO

(54) MAGNETO-OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a magneto-optical device which is easy to manufacture by reducing the practically necessary number of layers, of which selection of a material for a dielectric substance film is easy, and besides, in which a large magneto-optical effect is well demonstrated over a wide wavelength region as in the conventional device by relatively increasing the number of layers not concerning magnetism.

SOLUTION: A transparent magnetic layer 2 and a dielectric substance layer 3 having a refractive index different from that of the transparent magnetic layer 2 are paired to form a laminated structure. A pair of polarizers 6, 7, having their axes of polarization rotationally shifted to each other, are provided on both surfaces of a laminated structural body 5 comprising plural pairs of the laminated structure continuously laminated on a transparent substrate 4. Thereby, it is sufficient to provide one layer of the dielectric substance layer 3 with respect to one layer of the transparent magnetic layer 2. By enlarging the magneto-optical effect a picture with high contrast is obtained under a condition in which the selection of the material is easy, requiring a less number of layers.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-267057

(P2000-267057A)

(43)公開日 平成12年9月29日(2000.9.29)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 2 F 1/09	5 0 5	G 0 2 F 1/09	5 0 5 2 H 0 7 9
G 0 9 F 9/30	3 7 0	G 0 9 F 9/30	3 7 0 A 5 C 0 9 4
H 0 1 F 10/14		H 0 1 F 10/14	5 E 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-71311

(22)出願日 平成11年3月17日(1999.3.17)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 桂川 忠雄

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74)代理人 100101177

弁理士 柏木 慎史 (外1名)

Fターム(参考) 2H079 AA03 AA13 BA02 CA02 CA21

DA12 GA05 HA13 KA05

5C094 AA06 AA43 AA44 AA45 BA41

DA13 EB02 ED12 ED13 FA02

FB02 GA10 JA01

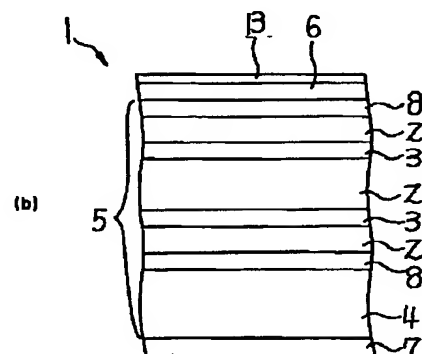
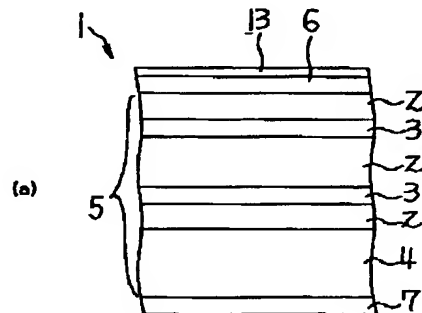
5E049 AB06 AB09 BA22

(54)【発明の名称】 磁気光学素子

(57)【要約】

【課題】 磁性に関与しない層数を相対的に増加させることで、実際に必要とする層数を減少させて作製しやすく、誘電体膜の材料選択が容易な上に、従来通り、広い波長範囲に渡って大きな磁気光学効果を発揮させ得る磁気光学素子を提供する。

【解決手段】 透明磁性層2とこの透明磁性層2とは屈折率の異なる誘電体層3との積層構造を一对として、複数対の積層構造を透明基板4上に連続的に積層してなる積層構造体5の両面に互いの偏光軸を回転させてなる一对の偏光子6、7を備えることで、1層の透明磁性層2に対して1層以下の誘電体層3を設ければよく、より少ない層数で、その材料選択が容易な条件下に、磁気光学効果を増大させて、コントラストの高い画像が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明磁性層とこの透明磁性層とは屈折率の異なる誘電体層との積層構造を一对として、複数対の前記積層構造を透明基板上に連続的に積層してなり、前記透明基板を含むこの積層構造体の両面に互いの偏光軸を回転させてなる一对の偏光子を備える磁気光学素子。

【請求項2】 透明磁性層とこの透明磁性層とは屈折率の異なる誘電体層との積層構造を一对として、複数対の前記積層構造を反射膜を有する基板上に連続的に積層してなり、前記基板を含むこの積層構造体の少なくとも光入射側面に偏光子を備える磁気光学素子。

【請求項3】 光入射側の前記偏光子下層に光散乱層を備える請求項2記載の磁気光学素子。

【請求項4】 複数対の前記積層構造が、積層方向に対称に配列されている請求項1、2又は3記載の磁気光学素子。

【請求項5】 前記透明磁性層は、

一般式 $R_{3-x}A_xFe_{5-y}ByO_{12}$

(ただし、 $0.2 < x < 2$, $0 \leq y < 5$, AはBi又はCeを含む)で代表されるイットリウム及び希土類鉄ガーネットである請求項1、2、3又は4記載の磁気光学素子。

【請求項6】 前記偏光子外面に反射防止膜を備える請求項1、2、3、4又は5記載の磁気光学素子。

【請求項7】 前記基板側外面に前記透明磁性層を磁化する磁気ヘッドアレイを備える請求項1、2、3、4、5又は6記載の磁気光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディスプレイへの応用に適し、特に、可視光域において大きな磁気光学効果を有して画像コントラストの高い磁気光学素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、磁気光学効果（ファラデー効果ないしは磁気光学カー効果）を示す磁性体は、例えば、光磁気ディスクに利用されて情報の書込み・再生が可能とされている。この他、磁気光学効果を示す透明磁性層を用いこの透明磁性層に対して磁気ヘッドを用いて画像の書込みを行い、光を照射させることでファラデー回転の有無により画像を表示させるディスプレイへの応用も検討されている。

【0003】このような応用例に関する磁気光学素子として、透明磁性層を2つの誘電体多層膜（高屈折率膜と低屈折率膜とを交互に積層させたもの）で挟むことにより磁気光学効果を増大させるようにした提案が本出願人によりなされている（例えば、特開平11-30770号公報等参照）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような

提案例による場合も、以下のような点でまだ不十分である。

【0005】第1に、耐熱性が高く、適度な屈折率を有し、透明性の高い誘電体膜を2種類選択することが困難な場合がある。即ち、従来にあつては、誘電体膜としては、例えば SiO_2 （屈折率 $n \approx 1.46$ ）や TiO_2 （屈折率 $n \approx 2.2 \sim 2.7$ ）、又は、 Ta_2O_5 （屈折率 $n \approx 2.15$ ）が用いられていたが、透明磁性層に例えば希土類鉄ガーネットを用いると、650℃程度で長時間加熱しなければ結晶化しない。 Ta_2O_5 薄膜は TiO_2 薄膜より熱に強く、550℃程度までは変化しないが、650℃では硬質に変化が生ずる。 SiO_2 はさらに熱に強いが、従来の高屈折率膜に Ta_2O_5 薄膜を、低屈折率膜に SiO_2 薄膜を用いて誘電体多層膜を形成すると、希土類鉄ガーネット結晶化のための加熱の際に、 Ta_2O_5 薄膜に変質を生じてしまう。

【0006】第2に、層構成において、磁性に関与しない層数が多くなり、作製コストが高くなってしまふ。即ち、上述の提案例の場合、膜構成としては、誘電体多層膜／透明磁性層／誘電体多層膜が1ペアとされ、このようなペアが複数積層されるものである。誘電体多層膜は、高屈折率膜（H）と低屈折率膜（L）とを交互に積層したものであり、透明磁性層をZで表すと、nを整数として、

$$(LH)^n (2Z) (HL)^n (2Z) (LH)^n$$

の如く表現できる。従って、透明磁性層（Z）1層に対して誘電体膜としては、3層必要であり、 $n=1$ でも高屈折率膜（H）と低屈折率膜（L）との合計としては6層が必要となってしまう。

【0007】そこで、本発明は、磁性に関与しない層数を相対的に増加させることで、実際に必要とする層数を減少させて作製しやすく、誘電体膜の材料選択が容易な上に、従来通り、広い波長範囲に渡って大きな磁気光学効果を発揮させ得る磁気光学素子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、透明磁性層とこの透明磁性層とは屈折率の異なる誘電体層との積層構造を一对として、複数対の前記積層構造を透明基板上に連続的に積層してなり、前記透明基板を含むこの積層構造体の両面に互いの偏光軸を回転させてなる一对の偏光子を備える。

【0009】従って、1層の透明磁性層に対して1層以下の誘電体層を設ければよく、より少ない層数で、その材料選択が容易な条件下に、磁気光学効果を増大させて、コントラストの高い画像が得られる透過型ディスプレイを提供できる。

【0010】請求項2記載の発明は、透明磁性層とこの透明磁性層とは屈折率の異なる誘電体層との積層構造を一对として、複数対の前記積層構造を反射膜を有する基

板上に連続的に積層してなり、前記基板を含むこの積層構造体の少なくとも光入射側面に偏光子を備える。

【0011】従って、1層の透明磁性層に対して1層以下の誘電体層を設ければよく、より少ない層数で、その材料選択が容易な条件下に、磁気光学効果を増大させ、かつ、バックライト等を利用せずにコントラストの高い画像が得られる反射型ディスプレイを提供できる。

【0012】請求項3記載の発明は、請求項2記載の磁気光学素子において、光入射側の前記偏光子下層に光散乱層を備える。

【0013】従って、反射型ディスプレイを構成する上で、光散乱層を備えることで鏡面反射を抑えて視角を広げることができ、見やすい画像を提供できる。

【0014】請求項4記載の発明は、請求項1、2又は3記載の磁気光学素子において、複数対の前記積層構造が、積層方向に対称に配列されている。

【0015】従って、透明磁性層と誘電体層とで対をなす積層構造を積層方向に対称に配列させることで、より大きな磁気光学効果を得ることができ、コントラストの高い画像を提供できる。

【0016】請求項5記載の発明は、請求項1、2、3又は4記載の磁気光学素子において、前記透明磁性層は、

一般式 $R_{3-x} A_x Fe_{5-y} B_y O_{12}$

(ただし、 $0.2 < x < 2$, $0 \leq y < 5$, AはBi又はCeを含む) で代表されるイットリウム及び希土類鉄ガーネットである。

【0017】従って、透明磁性層として、広い可視域において性能指数の大きなイットリウム及び希土類鉄ガーネットを利用することで、コントラストの高い明るい画像を得ることができる。

【0018】請求項6記載の発明は、請求項1、2、3、4又は5記載の磁気光学素子において、前記偏光子外面に反射防止膜を備える。

【0019】従って、偏光子外面に反射防止膜を備えることで、透明磁性層への入射光量を増大させ、より明るい画像を得ることができる。

【0020】請求項7記載の発明は、請求項1、2、3、4、5又は6記載の磁気光学素子において、前記基板側外面に前記透明磁性層を磁化する磁気ヘッドアレイを備える。

【0021】従って、透明磁性層を磁化する磁気ヘッドアレイを備えることで、デジタル信号による画像表示が可能にすることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の第一の実施の形態を図1に基づいて説明する。本実施の形態の磁気光学素子1の基本構造は、図1(a)に示すように、透明磁性層2とこの透明磁性層2とは屈折率の異なる誘電体層3との2層積層構造を一对とし、複数対のこの積層構造を透明基

板4上に連続的に積層させた積層構造体5を設け、この積層構造体5の両面に互いの偏光軸(吸収軸又は透過軸)を回転させた一对の偏光子6、7を設けてなる。或いは、図1(b)に示すように、誘電体層8、3と透明磁性層2との3層積層構造を一对とし、複数対のこの積層構造を透明基板4上に連続的に積層させた積層構造体5を設け、この積層構造体5の両面に互いの偏光軸を回転させた一对の偏光子6、7を設けてなる。

【0023】一般論として、誘電体層をG、透明磁性層をZとすると、本実施の形態の磁気光学素子1の層構造は、nを整数として、

$(GZ)^n (ZG)^n$ 又は $(GZ)^n (2Z)$

$(ZG)^n$

で示されるような積層構造となる。例えば、 $n=1$ で2回重ね

$(GZ)(ZG)(GZ)(ZG)$ 又は、 $(GZ)(2Z)(ZG)(GZ)(2Z)(ZG)$

なる積層構造であり、例えば、 $n=2$ で3回重ね

$(GZ)(ZG)(GZ)(ZG)(GZ)(ZG)$ 又は、 $(GZ)(2Z)(ZG)(GZ)(2Z)(ZG)(GZ)(2Z)(ZG)$

なる積層構造として表される。なお、ここでは誘電体層(G)と透明磁性層(Z)との積層構造の配列は、積層方向に対称となるように中心層から逆順とされている。

【0024】このような基本構造によれば、誘電体層(G)としては例えば熱に強いSiO₂を1種類だけ選択すればよく、容易に膜選択ができる。また、層構成としても、1層の透明磁性層(Z)に対して1層以下の誘電体層(G)でよく、層数を減らすことができる。

【0025】このような磁気光学素子1に対して光を透過させた場合、透明磁性層2の磁化された部位に対応して大きなファラデー回転角が得られ、磁化していない部位に対しては光の偏光面は回転しない。そこで、2枚の偏光子6、7の偏光軸を、上述の偏光面回転部位と非回転部位とでコントラストが最も大きくなるように回転させておくと、偏光面回転部位では透過光のため白く、非回転部位では偏光子6、7を通過できないために黒く見えることになる。このための偏光軸の回転角は90度が大きなコントラストを得る上で好ましいが、必ずしも90度でなくても高いコントラストが得られる。

【0026】本発明の第二の実施の形態を図2に基いて説明する。第一の実施の形態で示した部分と同一部分は同一符号を用いて示す。本実施の形態では、基板(必ずしも透明でなくてもよい)9の片面に反射膜10を設け、この反射膜10上に複数対の積層構造を連続的に積層させた積層構造体11を設け、この積層構造体11の光入射側面に偏光子6を設けてなる磁気光学素子1としたものである。このような反射型構造の場合も、第一の実施の形態と同様の原理でコントラストが得られ、反射型ディスプレイとして機能し得る。もっとも、本実施

の形態の場合、第一の実施の形態の透過型ディスプレイ構造の場合に対して光の通路が往復により2倍となるので、それに対応した回転角の設定が必要となる。

【0027】一般論として、

偏光子/ $\{(GZ)^n(ZG)^m\}^*$ /反射膜/基板
なる積層構造として表すことができ、図2(a)は $n=1$, $m=1$ の場合を示している。また、両面側に偏光子を設ける積層構造の場合であれば、
偏光子/ $\{(GZ)^n(ZG)^m\}^*$ /偏光子/反射膜/基板
なる積層構造として表すことができる。

【0028】このような反射型構造において、 $m=1$ とし、 n の値を増加させればファラデー回転角は増大するが、層厚が厚くなり光透過率が低下することが判っている。ここに、本実施の形態では、 n と m との値をともに増加させることによりファラデー回転角を増大させると同時に光透過率は低下させないようにしたものである。実際的には、これらの n , m の値は2又は3程度の数値の組合せがよい。

【0029】透明磁性層2の厚さは、ファラデー回転角を増大させたい波長を λ とすると、 $\lambda/4n$ (n は透明磁性層2の屈折率)にするのがよい。これにより、波長 λ の光に関して大きな回転角が得られる。もっとも、この波長よりも若干長い波長や短い波長でも大きな回転角を得られるようにするために、透明磁性層2の膜厚を少し変化させてもよい。

【0030】なお、透明磁性層2の厚さは、可視光波長 λ に対して $\lambda/4n$ に設定された場合、ファラデー回転角が絶対的な大きさにおいて不十分な場合を生じ得る。この場合には、上述した一般的な積層構造 $\{(GZ)^n(ZG)^m\}^*$ における整数 n , m の値を複数とする積層構造とすれば、十分な(例えば、2回繰返せば約2倍)回転角を得ることができる。

【0031】また、特定波長 λ の磁気光学効果の増大を目的とする場合は、誘電体層3, 8の膜厚は $\lambda/4n$ (n は誘電体層3, 8の屈折率)とする。本発明のように可視光域全体に渡って大きな磁気光学効果を得ようとする場合には、GZ, ZG, 2Zの組合せを考慮する必要がある。

【0032】また、偏光子を用いるのは、透明磁性層2の磁化された部位で得られる大きなファラデー回転角を画像として可視化するためである。光入射側の偏光子6だけにするか、両面側に偏光子6, 7を設けるかは目的に応じて区別される。即ち、画像の明るさを重視する場合には光入射側の偏光子6だけとし、コントラストを重視する場合には偏光子6, 7を用いればよい。

【0033】なお、これらの第一、二の実施の形態において、光入射側に位置する偏光子6の外面には反射防止膜13を備えることが好ましい。また、反射型にあっては、光入射側に位置する偏光子6の下層に光散乱層(図

示せず)を備えることが好ましい。

【0034】ここで、前述したこれらの第一、二の実施の形態における層構成における材料、膜厚、製法等について説明する。

【0035】まず、誘電体層3, 8に用いられる材料は、透明かつ熱的に安定な物質がよい。例えば、金属や半金属の酸化物、窒化物、カルコゲン化物、弗化物、炭化物及びこれらの混合物を用い得る。具体的には、SiO₂, SiO, Al₂O₃, GeO₂, Ta₂O₅, TeO₂, TiO₂, MoO₃, WO₃, ZrO₂, Si₃N₄, AlN, BN, TiN, ZnS, CdS, CdSe, ZnSe, ZnTe, AgF, PbF₂, MnF₂, NiF₂, SiCなどの単体或いはこれらの混合物を用い得る。これらの材料の中から透明磁性層2の屈折率と異なる1種類を選択すればよい。膜厚は、5~200nm、好ましくは5~30nmの範囲がよい。誘電体層3, 8自身を複数層構造として形成してもよい。何れにしても、各種のPVD法、CVD法を用いて作製される。

【0036】反射防止膜13に用いる誘電体膜も、誘電体層3, 8と同様に上述の材料から選択できる。この反射防止膜は偏光子6の上面(外面)だけでなく、両面に設ければさらに効果的となる。

【0037】反射膜10としては、金属又は金属酸化物、金属窒化物、金属炭化物などと金属との混合物、例えば、Al, Cu, Au, Pt, Rh, Zr, Cr, Ta, Mo, Si, Pd, Hf等の金属やこれらの合金、これらとZr酸化物、Si酸化物、Si窒化物、Al酸化物等を混合したものを利用できる。とくに、Al, Au, Taやそれらの合金やAl, Hf, Pdの合金などは膜の形成が容易であり、好ましい。膜厚は10~300nmの範囲、好ましくは50~150nmの範囲がよい。何れにしても、各種のPVD法、CVD法を用いて作製される。また、この反射膜10は正反射させるだけでなく、特殊な方向へ反射光を集中させて見やすくしたり、反射光を拡散させてより画像を見やすくなるように加工されていてもよい。

【0038】透明基板4には、石英ガラス、サファイア、結晶化透明ガラス、バイレックスガラス、Al₂O₃, MgO, BeO, ZrO₂, Y₂O₃, ThO₂, CaO, GGG(ガドリニウム・ガリウム・ガーネット)などの無機透明材料や、芳香族ポリアミド樹脂、オレフィン・マレイド共重合体、ポリカーボネート、ABS樹脂、ポリアリレート、ポリサルフォン、ポリエーテルサルフォン、エポキシ樹脂、ポリ-4-メチルペンテン-1、弗素化ポリイミド、弗素樹脂、フェノキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂等の透明かつ耐熱性の高いプラスチックフィルムが用いられる。透明プラスチックフィルムを用いると、軽い、曲げやすい等の利点があるので使いやすい。なお、反射型の場合の基板9は前述したように透明性を必須とせず、適宜材料を用い得る。

【0039】偏光子6、7としては、各種の市販の偏光フィルム、ビームスプリッタを用いた高透過率偏光子等を利用し得る。偏光フィルムは大別すると多ハロゲン偏光フィルム、染料偏光フィルム、金属偏光フィルム等がある。多ハロゲン偏光フィルムは2色性物質にヨウ素を用いているために可視光領域全般についてフラットな特性を有するが、反面、湿度、高温等に弱いという欠点がある。染料偏光フィルムは偏光性能がヨウ素よりも劣るものの、熱、光、湿度に対して耐性が大きいという特長を有している。何れにしても、偏光子6、7の表面（露出面）はきずが付きやすいので、実際には保護膜を設けるのが好ましい。

【0040】また、偏光子6、7としては、以下に例示するような各種の偏光子も利用できる。例えば、特開平1-93702号公報に示されるように、強磁性体微粒子からなる多数の棒状素子を含む偏光層を基板表面に一定方向に配列して固着形成することにより、製造が容易で光学的特性に優れた偏光板がある。また、東京農工大学 佐藤勝昭教授著「現代人の物理1-光と磁気」（1988年出版）p103に記載されているワイヤグリッド偏光子がある。これは、2.5 μ mより長波長の光に対する偏光子であって、透明基板（臭化銀、ポリエチレン等）に微小な間隔で金やアルミニウムの線を引いたものである。線の間隔をd、波長を λ とすると、 $\lambda \gg d$ なる波長光に対して透過光は線に垂直な振動面を持つほぼ完全な直線偏光になることを利用したものである。また、コーニング社製のポーラコア（商品名）がある。これは、長く延伸させた金属銀をガラス自身の中に一方に配列させることにより、偏光特性を持たせたガラスであり、従来の有機物偏光素子と異なり耐熱性、耐湿性、耐化学薬品性、レーザ光に対する耐性に非常に優れている。また、マイクロワイヤアレイと称されるもので、赤外線用にアルミニウムの表面を陽極酸化させアルミナとし、微細な穴を開けて中にNiやCuなどの金属を入れて偏光子としたものがある。さらに、積層型偏光子と称されるものがある。これは、可視光用にはRFスパッタリング法で60~80Åの厚さのGeと、1 μ m厚さのSiO₂とを交互に積層して全体の厚みを60 μ mとして作製される。0.6 μ mの波長で測定した性能指数 α_{TE}/α_{TM} （TE波とTM波に対する消衰定数の比）は400近く、0.8 μ mの波長で測定した消光比は35dB、挿入損失は0.18dBであり、可視光に対して十分なのである。さらには、住友3M株式会社製の反射型偏光子（薄膜を何層も重ねて作製した反射タイプであり、S偏光とP偏光のうちの一方を反射し、他方を通過させる）を用いることもできる。

【0041】透明磁性層2の材料としては従来一般に用いられている磁気光学効果を示す透明磁性材料でよいが、ファラデー効果が大きくて透明性の大きい、所謂、性能指数の大きい磁性材料が好ましい。例えば、50n

m以下の粒子径を有するFe、Co、Ni等の強磁性金属の超微粒子膜を用い得る。この場合の金属超微粒子以外の膜組成には酸素、炭素等が含まれる。Fe、Co、Ni等の強磁性金属は大きな磁気光学効果を示すが、光の吸収も大きいためにそのままの薄膜では用いられなかったが、超微粒子膜とすると大きな性能指数を有する。また、粒子径の制御により適当な保磁力を得ることができ。他に、希土類鉄ガーネットやコバルトフェライト、Baフェライト等の酸化物、FeBO₃、FeF₃、YFeO₃、NdFeO₃等の複屈折性の大きな材料、MnBi、MnCuBi、PtCo等の超微粒子も利用可能である。できる限り可視光域全体に渡って均一かつ大きな性能指数を有する透明磁性層2としては、一般式R_{3-x}A_xFe_{5-y}B_yO₁₂（ただし、0.2<x<2, 0 \leq y<5、AはBi又はCeを含む）で代表されるイットリウム及び希土類鉄ガーネットが好ましい。

【0042】磁気光学効果は、光の進行方向とスピンの方向とが平行な場合に最も大きな効果が得られるので、これらの透明磁性材料は膜面に垂直な方向に磁気異方性を有する膜として形成するのが好ましい。このような透明磁性層2の作製には、一般的なスパッタリング法、真空蒸着法、MBE等のPVD法、CVD法、メッキ法等を用い得る。

【0043】何れにしても、これらの磁性材料のファラデー効果には材料固有の波長依存性がある。そこで、上述したような磁性材料を用いる場合にはその波長依存性を考慮して透明磁性層2の膜厚（平均膜厚）を決定しなければならない。

【0044】光拡散層には、市販の光散乱シート（拡散シート）を用いることができる。

【0045】

【実施例】以下、上述した実施の形態に基づく具体的な構成例を実施例1~6として、比較例1、2とともに説明する。

【0046】＜実施例1＞本実施例は、請求項1、4、5、6に対応する、0.5mm厚の石英基板（透明基板4）上にスパッタリング法を用いてSiO₂膜（屈折率n=1.47）（誘電体層3）を88nm、ついでBi置換希土類鉄ガーネット膜（n=2.05）（透明磁性層2）を126nm、さらにその上にSiO₂膜（誘電体層8）を88nmの各膜厚で作製した。このような透明磁性層2と誘電体層3、8との3層積層構造を1ペアとし、3ペア分で合計9層の積層構造体5を作製した。基板温度は300℃、投入電力は200W、ガス圧力はともに7.0Pa（Ar：O₂=9：1）であった。製膜レートは、SiO₂の場合には2nm/s、Bi置換希土類鉄ガーネット膜の場合には0.5nm/sとした。各膜の膜厚分布は、最も厚いところと薄いところとの差異が全膜厚の3%であった。この石英基板上のBi置換希土類鉄ガーネット膜は、製膜する毎に、空气中、

650℃で3時間加熱し、結晶化した。膜の組成は、 $\text{Bi}_{1.2}\text{Dy}_{0.8}\text{Fe}_{3.8}\text{Al}_{1.2}\text{O}_{12}$ であった。そこで、磁気光学効果測定装置（日本分光株式会社製K250、ビーム径2mm角）で測定したファラデー回転角の波長依存性から、ピーク（波長520nm）の半値幅を求めたところ、19nmであった。ピークのファラデー回転角は22度であった。VSMで磁界を膜面に垂直に印加して測定した保磁力は5500eであった。

【0047】この後、市販のフィルム偏光子（偏光子6）の片面に、 SiO_2 （膜厚95nm）/ TiO_2 （膜厚110nm）を2回繰返して製膜して反射防止膜13とした。可視光域の光透過率はこの反射防止膜が無い場合に比較して約3%増加した。

【0048】以上の積層構造体をもう1枚のフィルム偏光子（偏光子7）を含む2枚のフィルム偏光子で挟み、光入射側のフィルム偏光子の上から永久磁石（表面磁束密度3kガウス）のついた磁気ペンで文字を書いた。2枚のフィルム偏光子の偏光軸をゆっくり回転させたところ、磁気ペンで書いた文字が表示され、その画像部分のコントラストは4.4であった。

【0049】＜実施例2＞本実施例も、請求項1、4、5、6に対応する。0.5mm厚の石英基板（透明基板4）上にスバッキング法を用いて、最初にBi置換希土類鉄ガーネット膜（ $n=2.05$ ）（透明磁性層2）を63nm、ついで SiO_2 膜（屈折率 $n=1.47$ ）（誘電体層3）を88nmの各膜厚で作製した。このような透明磁性層2と誘電体層3との2層積層構造を1ペアとし、2ペア分で合計4層の積層構造体5を作製した。さらに、その上にBi置換希土類鉄ガーネット膜（透明磁性層2）を126nmの膜厚で製膜し、その上に、上述の透明磁性層2と誘電体層3との2層積層構造を1ペアとし、2ペア分で合計4層の積層構造体5を作製した。ただし、積層順は逆で SiO_2 膜を先とした。従って、最上層はBi置換希土類鉄ガーネット膜となり、126nm膜厚のBi置換希土類鉄ガーネット膜を中心に積層方向に対称に配列されている。

【0050】基板温度、投入電力、ガス圧力、製膜レートなどの製膜条件は実施例1の場合と全く同じである。

【0051】この石英基板上のBi置換希土類鉄ガーネット膜は、製膜する毎に、空气中、650℃で3時間加熱し、結晶化した。ファラデー回転角の波長依存性から、ピーク（波長520nm）の半値幅を求めたところ、34nmであった。ピークのファラデー回転角は20度であった。VSMで磁界を膜面に垂直に印加して測定した保磁力は5900eであった。

【0052】以上の積層構造体を図1（b）に示すように2枚のフィルム偏光子（偏光子6、7）で挟み、光入射側のフィルム偏光子の上から永久磁石（表面磁束密度3kガウス）のついた磁気ペンで文字を書いた。2枚のフィルム偏光子の偏光軸をゆっくり回転させたところ、

磁気ペンで書いた文字が表示され、その画像部分のコントラストは3.8であった。

【0053】＜比較例1＞実施例1の場合と同様にし、石英基板上に膜厚378nm（ 126×3 ＝実施例1の全体の厚みに等しい）のBi置換希土類鉄ガーネット膜を製膜し、加熱して結晶化させた。波長520nmでは2.6度のファラデー回転角であり、実施例1の約1/10に過ぎないものであった。そして、両面を2枚のフィルム偏光子により挟んだ構造としたが、磁気ペンで書いた文字を目視できなかったものである。

【0054】＜比較例2＞実施例2の場合と同様にし、石英基板上に膜厚630nm（ 126×5 ＝実施例2の全体の厚みに等しい）のBi置換希土類鉄ガーネット膜を製膜し、加熱して結晶化させた。波長520nmでは4.4度のファラデー回転角であり、実施例1の1/5に過ぎないものであった。そして、両面を2枚のフィルム偏光子により挟んだ構造としたが、磁気ペンで書いた文字を目視できなかったものである。

【0055】＜実施例3＞本実施例は、請求項2に対応する。0.5mm厚の石英基板（基板9）上に真空蒸着法を用いてアルミニウムの反射膜10を3000Åの膜厚で形成した。反射膜10付きの基板9を用いたこと、及び、偏光子7を基板9に貼付しなかったことを除くと、実施例1の条件と全く同様にして反射型の磁気光学素子12を作製した。波長520nmでは反射によって光路が実施例1の場合の2倍となるため、反射光のファラデー回転角は40度が得られたものである。磁気ペンで書いた文字のコントラストは7.2であった。

【0056】＜実施例4＞本実施例も、請求項2に対応する。0.5mm厚の石英基板（基板9）上に真空蒸着法を用いてアルミニウムの反射膜10を3000Åの膜厚で形成した。反射膜10付きの基板9を用いたこと、及び、偏光子7を基板9に貼付しなかったことを除くと、実施例2の条件と全く同様にして反射型の磁気光学素子12を作製した（図2（b）のような構造）。波長520nmでは反射によって光路が実施例2の場合の2倍となるため、反射光のファラデー回転角は34度が得られたものである。磁気ペンで書いた文字のコントラストは6.6であった。

【0057】＜実施例5＞本実施例は、請求項7に対応する。本実施例では、図3に示すような磁気ヘッドアレイ21により透明磁性層2の磁化を行なうようにしたのである。この画像記録用の磁気ヘッドアレイ21は、まず、ピッチ $p=150\mu\text{m}$ で銅線の円形コイル22を約50mmの全長となるように2ラインを第1列Aと、第2列A'、A''に分けて無電界メッキ法により作製した。銅線の幅は約5 μm 、深さ約10 μm で3層とし、コイル22の巻数は合計で12ターンとした。絶縁層23にはポリイミドを用いた。コイル22の中心にはパーマロイ（Ni80%）によるコア24を円柱状に磁

束を集中させるようにして電気メッキ法によりポリイミド基板25上にアレイ状に形成した。

【0058】このように作製された磁気ヘッドアレイ21上に、前述した実施例3、4で作製した反射型の磁気光学素子12を配置させた。その状態で、まず、第1列(A列)のコイル22に1つずつ順に約100mAの電流を10m秒ずつ流した。ついで、第2列(A'、A''列)のコイル22に第1列(A列)が合致するように移動した後、同様に電流を流して印字した。この場合、コイル22の中心における表面磁界強度は1660ガウスであった。画像コントラストは、実施例3タイプの磁気光学素子12の場合には5.6、実施例4タイプの磁気光学素子12の場合には6.3であった。このように透明磁性層2に対する磁化用に磁気ヘッドアレイ21を用いることにより、磁気ペンを用いた場合よりも分解能の高いデジタル画像が得られたものである。そして、画像は磁気光学素子12に沿って永久磁石を移動させることによって容易に消去でき、再記録することができる。

【0059】<実施例6>本実施例は、請求項3に対応する。本実施例では、実施例3、4で作製した反射型の磁気光学素子12の光入射側の偏光子6の下層(基板10側)に、市販の光散乱フィルムによる光散乱層を設けたものである。この他は、実施例3、4の場合と同じである。光散乱層を有しない場合に比較して、磁気ペンや磁気ヘッドアレイ21で記録した画像は、光の鏡面反射がなく、より鮮明となったものである。

【0060】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、透明磁性層とこの透明磁性層とは屈折率の異なる誘電体層との積層構造を一对として、複数対の積層構造を透明基板上に連続的に積層してなり、透明基板を含むこの積層構造体の両面に互いの偏光軸を回転させてなる一对の偏光子を備えることで、1層の透明磁性層に対して1層以下の誘電体層を設ければよく、より少ない層数で、その材料選択が容易な条件下に、磁気光学効果を増大させて、コントラストの高い画像が得られる透過型ディスプレイを提供することができる。

【0061】請求項2記載の発明によれば、透明磁性層とこの透明磁性層とは屈折率の異なる誘電体層との積層構造を一对として、複数対の積層構造を反射膜を有する基板上に連続的に積層してなり、基板を含むこの積層構造体の少なくとも光入射側面に偏光子を備えることで、1層の透明磁性層に対して1層以下の誘電体層を設けれ

ばよく、より少ない層数で、その材料選択が容易な条件下に、磁気光学効果を増大させ、かつ、バックライト等を利用せずにコントラストの高い画像が得られる反射型ディスプレイを提供することができる。

【0062】請求項3記載の発明によれば、反射型ディスプレイを構成する上で、光散乱層を備えることで、鏡面反射を抑えて視角を広げることができ、見やすい画像を提供することができる。

【0063】請求項4記載の発明によれば、透明磁性層と誘電体層とで対をなす積層構造を積層方向に対称に配列させることで、より大きな磁気光学効果を得ることができ、コントラストの高い画像を提供することができる。

【0064】請求項5記載の発明によれば、透明磁性層として、広い可視域において性能指数の大きなイットリウム及び希土類鉄ガーネットを利用することで、コントラストの高い明るい画像を得ることができる。

【0065】請求項6記載の発明によれば、偏光子外面に反射防止膜を備えることで、透明磁性層への入射光量を増大させ、より明るい画像を得ることができる。

【0066】請求項7記載の発明によれば、基板側外面に透明磁性層を磁化する磁気ヘッドアレイを備えることで、デジタル信号による画像表示を可能にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施の形態の磁気光学素子の積層構造を示す断面図である。

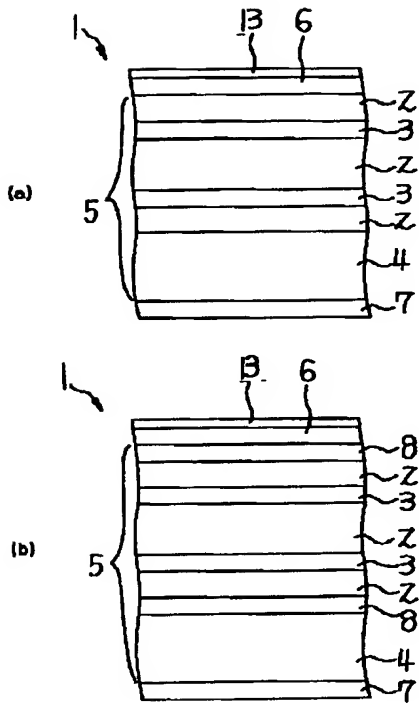
【図2】本発明の第二の実施の形態の磁気光学素子の積層構造を示す断面図である。

【図3】実施例5の磁気ヘッドアレイの構造例を示す断面図である。

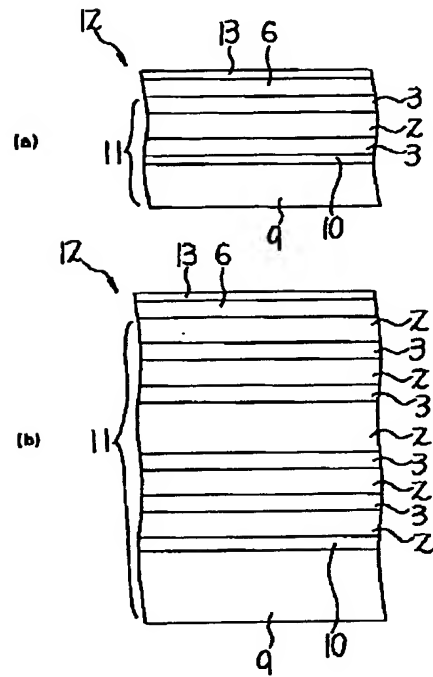
【符号の説明】

- 2 透明磁性層
- 3 誘電体層
- 4 透明基板
- 5 積層構造体
- 6, 7 偏光子
- 8 誘電体層
- 9 基板
- 10 反射膜
- 11 積層構造体
- 13 反射防止膜
- 21 磁気ヘッドアレイ

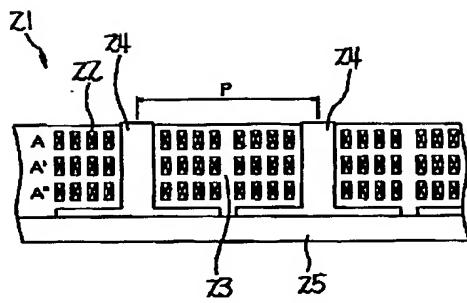
【図1】



【図2】



【図3】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A transparent magnetic layer and this transparent magnetic layer are a magneto-optics element equipped with the polarizer of the couple which makes both sides of this laminated-structure object that comes to carry out the laminating of two or more pairs of aforementioned laminated structures on a transparent substrate continuously by making into a couple a laminated structure with the dielectric layer from which a refractive index differs, and contains the aforementioned transparent substrate come to rotate a mutual polarization shaft.

[Claim 2] A transparent magnetic layer and this transparent magnetic layer are a magneto-optics element of this laminated-structure object that comes continuously to carry out the laminating of two or more pairs of aforementioned laminated structures on the substrate which has a reflective film by making into a couple a laminated structure with the dielectric layer from which a refractive index differs, and contains the aforementioned substrate which equips the optical incidence side with a polarizer at least.

[Claim 3] The magneto-optics element according to claim 2 which equips the aforementioned polarizer lower layer by the side of optical incidence with a light-scattering layer.

[Claim 4] The magneto-optics element according to claim 1, 2, or 3 with which two or more pairs of aforementioned laminated structures are arranged symmetrically with the direction of a laminating.

[Claim 5] The aforementioned transparent magnetic layer is a magneto-optics element according to claim 1, 2, 3, or 4 which is the yttrium and rare earth iron garnet which are represented with general formula $R_{3-x}A_xFe_{5-y}B_yO_{12}$ (however, $0.2 < x < 2$, $0 \leq y \leq 5$, and A contain Bi or Ce).

[Claim 6] The magneto-optics element according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 which equips the aforementioned polarizer external surface with an antireflection film.

[Claim 7] The magneto-optics element according to claim 1, 2, 3, 4, 5, or 6 which equips the aforementioned substrate side external surface with the magnetic-head array which magnetizes the aforementioned transparent magnetic layer.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. *** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is suitable for the application to a display, especially, has the big magneto-optical effect in a light region, and relates to the high magneto-optics element of picture contrast.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the magnetic substance in which the magneto-optical effect (the Faraday effect or magneto-optic Kerr effect) is shown is used for a magneto-optic disk, and informational writing and reproduction of it are enabled. In addition, a picture is written in using the magnetic head to this transparent magnetic layer using the transparent magnetic layer which shows the magneto-optical effect, and the application to the display on which a picture is displayed by the existence of Faraday rotation by making light irradiate is also considered.

[0003] The proposal it was made to increase the magneto-optical effect as a magneto-optics element about such an application by pinching a transparent magnetic layer by two dielectric multilayers (that to which the laminating of a high refractive-index film and the low refractive-index film was carried out by turns) is made by these people (for example, references, such as JP, 11-30770, A).

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when based on such an example of a proposal, the following points are still insufficient.

[0005] It may be difficult 1st for thermal resistance to be high, to have a moderate refractive index, and to choose two kinds of high dielectric films of transparency. That is, if it is in the former, and a rare earth iron garnet is used for a transparent magnetic layer and it will not heat at about 650 degrees C as a dielectric film for a long time although SiO₂ (refractive index $n \approx 1.46$), TiO₂ (refractive-index $n \approx 2.2-2.7$), or Ta₂O₅ (refractive index $n \approx 2.15$) was used, for example, it does not crystallize. 2OTa₅ thin film is TiO₂. Although it is strong with heat and about 550 degrees C does not change from a thin film, at 650 degrees C, change arises in hard. SiO₂ Although it is still stronger with heat, it is 2OTa₅ thin film to a low refractive-index film in the conventional high refractive-index film SiO₂. If a dielectric multilayer is formed using a thin film, transformation will be produced in 2OTa₅ thin film in the case of heating for rare-earth-iron-garnet crystallization.

[0006] In lamination, the number of layers without regards to magnetism will increase, and production cost will become [2nd] high. That is, in the case of the above-mentioned example of a proposal, as film composition, a dielectric multilayer / transparent magnetic layer / dielectric multilayer is made into one pair, and two or more laminations of such a pair are carried out. A dielectric multilayer can be expressed like (LH) $n(2Z)$ (HL) $n(2Z)$ (LH) n by making n into an integer, if the laminating of a high refractive-index film (H) and the low refractive-index film (L) is carried out by turns and a transparent magnetic layer is expressed with Z. Therefore, as a dielectric film, three layers are required and six layers will be needed to transparency (magnetic layer Z) 1 layer, also for $n=1$ as the sum total of a high refractive-index film (H) and a low refractive-index film (L).

[0007] Then, this invention decreases the number of layers which is making it increase relatively and actually needs the number of layers without regards to magnetism, and it is easy to produce it, and it aims at material selection of a dielectric film offering the magneto-optics element which may demonstrate the big magneto-optical effect over the latus wavelength range as usual to an easy top.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 is equipped with the polarizer of the couple which makes it come to rotate a polarization shaft with a transparent magnetic layer and this transparent magnetic layer mutual to both sides of this laminated-structure object that comes to carry out the laminating of two or more pairs of aforementioned laminated structures on a transparent substrate continuously by making into a couple a laminated structure with the dielectric layer from which a refractive index differs, and contains the aforementioned transparent substrate.

[0009] Therefore, that what is necessary is just to prepare the dielectric layer of one or less layer to the transparent magnetic layer of one layer, by the fewer number of layers, the magneto-optical effect is increased under a condition with the easy material selection, and the penetrated type display from which the high picture of contrast is acquired can be offered.

[0010] Even if there are few these laminated-structure objects that a transparent magnetic layer and this transparent magnetic layer make a couple a laminated structure with the dielectric layer from which a refractive index differs, and invention

according to claim 2 comes continuously to carry out the laminating of two or more pairs of aforementioned laminated structures on the substrate which has a reflective film, and contain the aforementioned substrate, the optical incidence side is equipped with a polarizer.

[0011] Therefore, the reflected type display on which the high picture of contrast is acquired, without increasing the magneto-optical effect and using a back light etc. for the bottom of a condition with the easy material selection by the fewer number of layers that what is necessary is just to prepare the dielectric layer of one or less layer to the transparent magnetic layer of one layer can be offered.

[0012] Invention according to claim 3 equips the aforementioned polarizer lower layer by the side of optical incidence with a light-scattering layer in a magneto-optics element according to claim 2.

[0013] Therefore, when a reflected type display is constituted, specular reflection can be suppressed by having a light-scattering layer, a viewing angle can be extended, and a legible picture can be offered.

[0014] Invention according to claim 4 is arranged in the magneto-optics element according to claim 1, 2, or 3 symmetrically two or more pairs of aforementioned laminated structures] with the direction of a laminating.

[0015] Therefore, by making the laminated structure which makes a pair by the transparent magnetic layer and the dielectric layer arrange symmetrically with the direction of a laminating, the bigger magneto-optical effect can be obtained and the high picture of contrast can be offered.

[0016] Invention according to claim 5 is the yttrium and rare earth iron garnet by which the aforementioned transparent magnetic layer is represented with general formula $R_{3-x}A_xFe_{5-y}ByO_{12}$ (however, $0.2 < x < 2$, $0 \leq y < 5$, and A contain Bi or Ce) in a magneto-optics element according to claim 1, 2, 3, or 4.

[0017] Therefore, the bright high picture of contrast can be acquired by using the big yttrium and big rare earth iron garnet of a performance index in a large visible region as a transparent magnetic layer.

[0018] Invention according to claim 6 equips the aforementioned polarizer external surface with an antireflection film in a magneto-optics element according to claim 1, 2, 3, 4, or 5.

[0019] Therefore, by equipping polarizer external surface with an antireflection film, the amount of incident lights to a transparent magnetic layer is increased, and a brighter picture can be acquired.

[0020] Invention according to claim 7 is equipped with the magnetic-head array which magnetizes the aforementioned transparent magnetic layer on the aforementioned substrate side external surface in a magneto-optics element according to claim 1, 2, 3, 4, 5, or 6.

[0021] Therefore, image display by the digital signal can be made possible by having the magnetic-head array which magnetizes a transparent magnetic layer.

[0022]

[Embodiments of the Invention] The form of operation of the first of this invention is explained based on drawing 1. The basic structure of the magneto-optics element 1 of the form of this operation As shown in drawing 1 (a), the transparent magnetic layer 2 and this transparent magnetic layer 2 make a couple a two-layer laminated structure with the dielectric layer 3 from which a refractive index differs. The laminated-structure object 5 which carried out the laminating of two or more pairs of these laminated structures continuously on the transparent substrate 4 is established, and it comes to prepare the polarizers 6 and 7 of the couple which made both sides of this laminated-structure object 5 rotate a mutual polarization shaft (an absorption shaft or transparency shaft). Or as shown in drawing 1 (b), the laminated-structure object 5 which the three-layer laminated structure of dielectric layers 8 and 3 and the transparent magnetic layer 2 was made [object] into the couple, and carried out the laminating of two or more pairs of these laminated structures continuously on the transparent substrate 4 is established, and it comes to prepare the polarizers 6 and 7 of the couple which made both sides of this laminated-structure object 5 rotate a mutual polarization shaft.

[0023] if a dielectric layer is set to G and a transparent magnetic layer is set to Z as a generality -- the layer structure of the magneto-optics element 1 of the form of this operation -- n -- an integer -- carrying out -- (GZ) n (ZG) n or -- It becomes a laminated structure as shown by (GZ) n (2Z) (ZG) n. For example, it piles up twice by n=1 (((GZ) ZG) GZ) ZG). Or (GZ) (2Z), (ZG), (GZ) (2Z) (ZG)

It is the becoming laminated structure, for example, piles up 3 times by n=2 ((((((GZ) ZG) GZ) ZG) GZ) ZG). Or (GZ) (2Z), (ZG), (GZ) (2Z), (ZG), (GZ) (2Z) (ZG)

It is expressed as a becoming laminated structure. In addition, let the array of the laminated structure of a dielectric layer (G) and a transparent magnetic layer (Z) be a reverse order from the main layer here so that it may become symmetrical with the direction of a laminating.

[0024] According to such basic structure, as a dielectric layer (G), it is SiO₂ strong against heat. Film selection can be performed easily that what is necessary is to choose only one kind. Moreover, it is good at the dielectric layer (G) of one or less layer, and a number of layers can be reduced [as opposed to / the transparent magnetic layer (Z) of one layer / as lamination].

[0025] When light is made to penetrate to such a magneto-optics element 1, a big Faraday-rotation angle is acquired corresponding to the part by which the transparent magnetic layer 2 was magnetized, and the plane of polarization of light does not rotate to the part which has not been magnetized. Then, when the polarization shaft of the polarizers 6 and 7 of two sheets is rotated so that contrast may become the largest by an above-mentioned plane-of-polarization rotation part and an above-mentioned nonrotation part, by the plane-of-polarization rotation part, it will look black [it is white because of the

transmitted light, and], since polarizers 6 and 7 cannot be passed by the nonrotation part. Although the angle of rotation of a polarization shaft for this is desirable when 90 degrees acquires big contrast, high contrast is acquired even if it is not necessarily 90 degrees.

[0026] The form of operation of the second of this invention is explained based on drawing 2. The same portion as the portion shown with the form of the first operation is shown using the same sign. With the form of this operation, the reflective film 10 is formed in one side of a substrate (it may not necessarily be transparent) 9, the laminated-structure object 11 to which the laminating of two or more pairs of laminated structures was carried out continuously is established on this reflective film 10, and it considers as the magneto-optics element 12 which comes to prepare a polarizer 6 in the optical incidence side of this laminated-structure object 11. Also in such reflected type structure, by the same principle as the form of the first operation, contrast is acquired and it may function as a reflected type display. But since the path of light serves as double precision by round trip to the case of the penetrated type display structure of the form of the first operation in the case of the form of this operation, a setup of the angle of rotation corresponding to it is needed.

[0027] as generalities -- polarizer / {(GZ) n(ZG) n} m / reflective film/-- a substrate -- being able to express as a laminated structure, drawing 2 (a) shows the case of $n=1$ and $m=1$ moreover -- if it is the case of the laminated structure which forms a polarizer in both-sides side -- polarizer / {(GZ) n(ZG) n} m / polarizer / reflective film/-- a substrate -- it can express as a laminated structure

[0028] In such reflected type structure, if it is referred to as $m=1$ and the value of n is made to increase, although it increases, as for the Faraday-rotation angle, it turns out that thickness becomes thick and a light transmittance falls. It is made not to reduce a light transmittance here with both the forms of this operation at the same time it increases a Faraday-rotation angle here by making the value of n and m increase. In practice, these values of n and m have a good combination of 2 or about 3 numeric value.

[0029] When wavelength which a Faraday-rotation angle wants to increase is set to λ , as for the thickness of the transparent magnetic layer 2, it is good to make it $\lambda/4n$ (for n to be the refractive index of the transparent magnetic layer 2). Thereby, a big angle of rotation is obtained about the light of wavelength λ . But in order to enable it to obtain a big angle of rotation also on long wave length or short wavelength a little rather than this wavelength, you may change slight thickness of the transparent magnetic layer 2.

[0030] In addition, the thickness of the transparent magnetic layer 2 may produce the case of being inadequate, in a size with an absolute Faraday-rotation angle, when set as $\lambda/4n$ to the visible light wave length λ . In this case, the laminated-structure object which makes [two or more] the value of the integers n and m in the general laminated structure {(GZ) n(ZG) n} m mentioned above, then sufficient (for example, if it repeats twice twice [about]) angle of rotation can be obtained.

[0031] Moreover, when aiming at increase of the magneto-optical effect of the specific wavelength λ , the thickness of dielectric layers 3 and 8 may be $\lambda/4n$ (n is the refractive index of dielectric layers 3 and 8). When it is going to obtain the big magneto-optical effect over the whole light region like this invention, it is necessary to take into consideration the combination of GZ, ZG, and 2Z.

[0032] Moreover, a polarizer is used for visualizing as a picture the big Faraday-rotation angle acquired by the part by which the transparent magnetic layer 2 was magnetized. It is distinguished according to the purpose whether it is made only the polarizer 6 by the side of optical incidence or polarizers 6 and 7 are formed in both-sides side. Namely, what is necessary is to consider only as the polarizer 6 by the side of optical incidence, in thinking the luminosity of a picture as important, and just to use polarizers 6 and 7, in thinking contrast as important.

[0033] In addition, it is desirable to equip with an antireflection film 13 the external surface of the polarizer 6 located in an optical incidence side in the form of operation of two for a start [these]. Moreover, if it is in a reflected type, it is desirable to equip with a light-scattering layer (not shown) the lower layer of a polarizer 6 located in an optical incidence side.

[0034] Here, the material in the lamination in the form of operation of two, thickness, a process, etc. are explained for a start these] that were mentioned above.

[0035] First, the material used for dielectric layers 3 and 8 has the stable thermally [transparently and] good matter. For example, the oxide of a metal or a semimetal, a nitride, a chalcogen ghost, a fluoride, carbide, and such mixture can be used. Specifically, simple substances or such mixture, such as SiO_2 , SiO , aluminum 2O_3 , GeO_2 and $\text{Ta } 2\text{O}_5$, TeO_2 , TiO_2 , MoO_3 , WO_3 and ZrO_2 , Si_3N_4 , AlN , BN , TiN , ZnS and CdS , CdSe , ZnSe , ZnTe , and AgF , PbF_2 , MnF_2 , NiF_2 , SiC , can be used. What is necessary is just to choose one different kind from the refractive index of the transparent magnetic layer 2 from such material. The 5-200nm of thickness of the ranges of 5-30nm is preferably good. You may form a dielectric layer 3 and 8 self as two or more layer structure. Anyway, it is produced using various kinds of PVD and CVD.

[0036] The dielectric film used for an antireflection film 13 as well as dielectric layers 3 and 8 can be chosen from an above-mentioned material. This antireflection film will become still more effective if it prepares not only in the upper surface (external surface) of a polarizer 6 but in both sides.

[0037] As a reflective film 10, what mixed metals and these alloys, such as the mixture of a metal or a metallic oxide, a metal nitride, metal carbide, etc. and a metal, for example, aluminum, Cu, Au, Pt, Rh, Zr, Cr, Ta, Mo, Si, Pd, Hf, etc., these and Zr oxide, Si oxide, Si nitride, aluminum oxide, etc. can be used. Membranous formation is especially easy for aluminum, Au, Ta, those alloys, the alloy of aluminum, Hf, and Pd, etc., and it is desirable. thickness -- the range of 10-300nm -- the range of 50-150nm is preferably good Anyway, it is produced using various kinds of PVD and CVD. Moreover, this reflective film 10

centralizes the reflected light in the special direction, and it may make it legible, or it not only making it reflect regularly but may be processed so that the reflected light may be diffused and it may become legible about a picture more.

[0038] In the transparent substrate 4, quartz glass, sapphire, crystallization transparent glass, a Pyrex glass, Inorganic transparent materials, such as aluminum $2O_3$, MgO , BeO and ZrO_2 , Y_2O_3 , and ThO_2 , CaO , GGG (gadolinium gallium garnet) An aromatic-polyamide resin, an olefin MAREIDO copolymer, a polycarbonate, The transparency of ABS plastics, a polyarylate, the poly aphenon, a polyether aphenon, an epoxy resin, poly-4-methyl pentene-1, a fluorination polyimide, fluororesin, a phenoxy resin, a polyolefine system resin, etc. and heat-resistant high plastic film are used. Since there is an advantage [it is light and], such as being easy to bend, when transparent plastic film is used, it is easy to use. In addition, the substrate 9 in reflected type does not make transparency indispensable, as mentioned above, but it can use material suitably.

[0039] As polarizers 6 and 7, the polarization film of various kinds of marketing, the high permeability polarizer which used the beam splitter can be used. When a polarization film is divided roughly, it has a multi-halogen polarization film, a color polarization film, a metal polarization film, etc. Although it has a property [flat / field / light / at large] / since the multi-halogen polarization film uses iodine for the dichroic matter, on the other hand, humidity, an elevated temperature, etc. have the fault of being weak. Although a color polarization film is inferior to iodine in polarizability, it has the feature that resistance is large, to heat, light, and humidity. Anyway, since a flaw tends to be attached, as for the front face (exposed surface) of polarizers 6 and 7, it is desirable to prepare a protective coat in fact.

[0040] Moreover, as polarizers 6 and 7, various kinds of polarizers which are illustrated below can also be used. For example, as shown in JP,1-93702,A, by arranging the polarization layer containing many cylindrical elements which consist of a ferromagnetic particle in the fixed direction on a substrate front face, and carrying out fixing formation, manufacture is easy and there is a polarizing plate excellent in the optical property. Moreover, Tokyo University of Agriculture and Technology There is a wire grid polarizer indicated by Professor Katsuaki Sato work "physical 1-light [of a man of today] and MAG" (1988 publication) p103. From 2.5 micrometers, this is a polarizer to the light of long wavelength, and draws the line of gold or aluminum at a minute interval to transparent substrates (a silver bromide, polyethylene, etc.). If the interval of a line is set to d and wavelength is set to λ , the transmitted light will use a bird clapper for the nearly perfect linearly polarized light with a plane of vibration perpendicular to a line to the wavelength light which becomes $\lambda \gg d$. Moreover, there is a Polar core (tradename) by Corning, Inc. By on the other hand making ** arrange the metal silver made to extend for a long time in [glass's] an own one, this is glass which gave the polarization property and, unlike the conventional organic substance polarizing element, is very excellent in thermal resistance, moisture resistance, chemicals-proof nature, and the resistance over a laser beam. Moreover, there are some which are called a micro wire array, were made to carry out anodic oxidation of the front face of aluminum to infrared radiation, used as the alumina, made the detailed hole, put metals, such as nickel and Cu, into inside, and were used as the polarizer. Furthermore, there are some which are called a laminating type polarizer. This is germanium with a thickness of 60-80Å and SiO_2 of 1-micrometer thickness with the RF sputtering method for the lights. A laminating is carried out by turns and the whole thickness is produced as 60 micrometers. The extinction ratio measured on about 400 and the wavelength of 0.8 micrometers is 35dB, an insertion loss is 0.18dB, and performance-index $\alpha TE/\alpha TM$ (ratio of an extinction constant to a TE wave and a TM wave) measured on the wavelength of 0.6 micrometers is enough to the light. Furthermore, the reflected type polarizer made from Sumitomo 3M, Inc. (it is the reflective type which produced the many layers thin film in piles, one of S polarization and the P polarization is reflected, and another side is passed) can also be used.

[0041] Although it is good at the transparent magnetic material which shows the magneto-optical effect generally conventionally used as a material of the transparent magnetic layer 2, the so-called large magnetic material of a performance index with the large Faraday effect and large transparency is desirable. For example, the ultrafine particle film of ferromagnetic metals, such as Fe, Co, nickel, etc. which have a particle diameter 50nm or less, can be used. Oxygen, carbon, etc. are contained in film composition of those other than the ultra-fine particle in this case. Although ferromagnetic metals, such as Fe, Co, and nickel, show the big magneto-optical effect, and it was not used in a thin film as it is since the absorption of light was also large, when it is an ultrafine particle film, it has a big performance index. Moreover, suitable coercive force can be obtained by control of a particle diameter. others -- oxides, such as a rare earth iron garnet, and a cobalt ferrite, Ba ferrite, $FeBO_3$, FeF_3 , and $YFeO_3$ and $NdFeO_3$ etc. -- ultrafine particles, such as a big material of form birefringence, $MnBi$, $MnCuBi$, and $PtCo$, can also be used As a transparent magnetic layer 2 which has homogeneity and a big performance index over the whole light region as much as possible, the yttrium and rare earth iron garnet which are represented with general formula $R_3-x A_x Fe_5-y B_y O_{12}$ (however, $0.2 < x < 2$, $0 \leq y < 5$, and A contain Bi or Ce) are desirable.

[0042] Since the biggest effect is acquired when the travelling direction of light and the direction of spin are parallel, as for these transparent magnetic materials, it is [the magneto-optical effect] desirable to form in the direction perpendicular to a film surface as a film which has a magnetic anisotropy. PVD, such as the general sputtering method, a vacuum deposition method, and MBE, CVD, plating, etc. can be used for production of such a transparent magnetic layer 2.

[0043] Anyway, there is a wavelength dependency peculiar to material in the Faraday effect of these magnetic materials. Then, when using a magnetic material which was mentioned above, in consideration of the wavelength dependency, you have to determine the thickness (average thickness) of the transparent magnetic layer 2.

[0044] A commercial light-scattering sheet (diffusion sheet) can be used for an optical diffusion layer.

[0045]

[Example] Hereafter, it explains with the examples 1 and 2 of comparison by making into examples 1-6 the concrete example

of composition based on the form of operation mentioned above.

[0046] A <example 1> this example corresponds to claims 1, 4, 5, and 6. 0. Use the sputtering method on the quartz substrate (transparent substrate 4) of 5mm **, and it is SiO₂. Subsequently to a it top, it is Bi substitution rare-earth-iron-garnet film (n= 2.05) (transparent magnetic layer 2) further 126nm 88nm about a film (refractive index n= 1.47) (dielectric layer 3) SiO₂. The film (dielectric layer 8) was produced by each 88nm thickness. The three-layer laminated structure of such the transparent magnetic layer 2 and dielectric layers 3 and 8 was made into one pair, and the laminated-structure object 5 of a total of nine layers was produced by part for three pairs. Substrate temperature was [both 200W and the gas pressure of 300 degrees C and injection power] 7.0Pa (Ar:O 2 = 9:1). A film production rate is SiO₂. In the case of 2 nm/s and Bi substitution rare-earth-iron-garnet film, it considered as 0.5 nm/s at the case. The differences between the place where a thickness distribution of each film is the thickest, and a thin place were 3% of all thickness. Whenever Bi substitution rare-earth-iron-garnet film on this quartz substrate produced the film, among air, at 650 degrees C, it heated for 3 hours and it was crystallized. Membranous composition was Bi₂.2Dy0.8Fe3.8aluminum 1.2O12. Then, it was 19nm when asked for the half-value width of a peak (wavelength of 520nm) from the wavelength dependency of the Faraday-rotation angle measured by the magneto-optical-effect measuring device (Japan a spectrum the incorporated company make K250, 2mm angle of beam diameters). The Faraday-rotation angle of a peak was 22 degrees. The coercive force which impressed the magnetic field at right angles to a film surface, and measured it by VSM was 550Oe(s).

[0047] Then, SiO₂ / (95nm of thickness) TiO₂ (110nm of thickness) was repeated twice on one side of a commercial film polarizer (polarizer 6), the film was produced on it, and it considered as the antireflection film 13 at it. The light transmittance of a light region increased about 3% as compared with the case where this antireflection film does not exist.

[0048] The above laminated-structure object was inserted with the film polarizer containing the film polarizer (polarizer 7) of one more sheet of two sheets, and the character was written with the magnetic pen which the upper shell permanent magnet (surface flux density 3k gauss) of the film polarizer by the side of optical incidence attached. When the polarization shaft of the film polarizer of two sheets was rotated slowly, the character written with the magnetic pen was displayed and the contrast of the picture portion was 4.4.

[0049] A <example 2> this example also corresponds to claims 1, 4, 5, and 6. 0. Use the sputtering method on the quartz substrate (transparent substrate 4) of 5mm **, and, subsequently it is SiO₂ 63nm to the beginning about Bi substitution rare-earth-iron-garnet film (n= 2.05) (transparent magnetic layer 2). The film (refractive index n= 1.47) (dielectric layer 3) was produced by each 88nm thickness. The two-layer laminated structure of such the transparent magnetic layer 2 and a dielectric layer 3 was made into one pair, and the laminated-structure object 5 of a total of four layers was produced by part for two pairs. Furthermore, Bi substitution rare-earth-iron-garnet film (transparent magnetic layer 2) was produced by 126nm thickness on it, on it, the two-layer laminated structure of the above-mentioned transparent magnetic layer 2 and a dielectric layer 3 was made into one pair, and the laminated-structure object 5 of a total of four layers was produced by part for two pairs. However, it is reverse and the order of a laminating is SiO₂. The film was made into the point. Therefore, the best layer serves as Bi substitution rare-earth-iron-garnet film, and is arranged symmetrically with the direction of a laminating centering on Bi substitution rare-earth-iron-garnet film of 126nm thickness.

[0050] Film production conditions, such as substrate temperature, injection power, gas pressure, and a film production rate, are completely the same as the case of an example 1.

[0051] Whenever Bi substitution rare-earth-iron-garnet film on this quartz substrate produced the film, among air, at 650 degrees C, it heated for 3 hours and it was crystallized. It was 34nm when asked for the half-value width of a peak (wavelength of 520nm) from the wavelength dependency of a Faraday-rotation angle. The Faraday-rotation angle of a peak was 20 degrees. The coercive force which impressed the magnetic field at right angles to a film surface, and measured it by VSM was 590Oe(s).

[0052] The above laminated-structure object was inserted with the film polarizer (polarizers 6 and 7) of two sheets, as shown in drawing 1 (b), and the character was written with the magnetic pen which the upper shell permanent magnet (surface flux density 3k gauss) of the film polarizer by the side of optical incidence attached. When the polarization shaft of the film polarizer of two sheets was rotated slowly, the character written with the magnetic pen was displayed and the contrast of the picture portion was 3.8.

[0053] Bi substitution rare-earth-iron-garnet film of 378nm of thickness (equal to the thickness of the whole 126x3= example 1) was produced, heated and crystallized on the quartz substrate like the case of the <example 1 of comparison> example 1. On the wavelength of 520nm, it was the Faraday-rotation angle of 2.6 degrees, and was what is only about 1 of example 1/10. And although considered as the structure which sandwiched both sides with the film polarizer of two sheets, the character written with the magnetic pen cannot be viewed.

[0054] Bi substitution rare-earth-iron-garnet film of 630nm of thickness (equal to the thickness of the whole 126x5= example 2) was produced, heated and crystallized on the quartz substrate like the case of the <example 2 of comparison> example 2. On the wavelength of 520nm, it was the Faraday-rotation angle of 4.4 degrees, and was what is only 1/5 of an example 1. And although considered as the structure which sandwiched both sides with the film polarizer of two sheets, the character written with the magnetic pen cannot be viewed.

[0055] A <example 3> this example corresponds to a claim 2. 0. On the quartz substrate (substrate 9) of 5mm **, the vacuum deposition method was used and the reflective film 10 of aluminum was formed by 3000A thickness. When it removed having used the substrate 9 with reflective film 10, and having not stuck a polarizer 7 on a substrate 9, the reflected type

magneto-optics element 12 was produced completely like the conditions of an example 1. On the wavelength of 520nm, since it becomes double precision in case an optical path is an example 1 by reflection, as for the Faraday-rotation angle of the reflected light, 40 degrees is obtained. The contrast of the character written with the magnetic pen was 7.2.

[0056] A <example 4> this example also corresponds to a claim 2. 0. On the quartz substrate (substrate 9) of 5mm **, the vacuum deposition method was used and the reflective film 10 of aluminum was formed by 3000A thickness. When it removed having used the substrate 9 with reflective film 10, and having not stuck a polarizer 7 on a substrate 9, the reflected type magneto-optics element 12 was produced completely like the conditions of an example 2 (structure like drawing 2 (b)). On the wavelength of 520nm, since it becomes double precision in case an optical path is an example 2 by reflection, as for the Faraday-rotation angle of the reflected light, 34 degrees is obtained. The contrast of the character written with the magnetic pen was 6.6.

[0057] A <example 5> this example corresponds to a claim 7. In this example, it is made to magnetize the transparent magnetic layer 2 by the magnetic-head array 21 as shown in drawing 3. First, the magnetic-head array 21 for these image recording divided two lines into the 1st train A and 2nd train A' and A'', and produced them with non-electric-field plating so that it might become the overall length of about 50mm about the circular coil 22 of copper wire in $p=150$ micrometers of pitches. Width of face of copper wire was made into three layers in about 5 micrometers and a depth of about 10 micrometers, and the number of turns of a coil 22 were considered as 12 turns in total. The polyimide was used for the insulating layer 23. The core 24 according to a permalloy (nickel80%) in the center of a coil 22 was formed in the shape of an array on the polyimide substrate 25 by the electroplating method, as magnetic flux was centralized in the shape of a pillar.

[0058] Thus, the reflected type magneto-optics element 12 produced in the examples 3 and 4 mentioned above on the produced magnetic-head array 21 was arranged. the state -- first -- the coil 22 of the 1st train (A train) -- every one -- order -- about 100mA current -- 10 -- it passed by a unit of m second Subsequently, after moving so that the 1st train (A train) may agree in the coil 22 of the 2nd train (A', A'' train), current was passed and printed similarly. In this case, the surface magnetic field strength in the center of a coil 22 was 1660 gauss. In the case of the magneto-optics element 12 of operation train 3 type, in the case of the magneto-optics element 12 of 5.6 and example 4 type, picture contrast was 6.3. Thus, by using the magnetic-head array 21 for the magnetization to the transparent magnetic layer 2, a digital image with resolution higher than the case where a magnetic pen is used is obtained. And by moving a permanent magnet along with the magneto-optics element 12, a picture can be eliminated easily and can be re-recorded.

[0059] A <example 6> this example corresponds to a claim 3. In this example, the light-scattering layer by the commercial light-scattering film is prepared in the lower layer (substrate 10 side) of the polarizer 6 by the side of the optical incidence of the reflected type magneto-optics element 12 produced in the examples 3 and 4. Others are the same as the case of examples 3 and 4. As compared with the case where it does not have a light-scattering layer, the picture recorded by the magnetic pen or the magnetic-head array 21 does not have the specular reflection of light, and becomes clearer.

[0060]

[Effect of the Invention] According to invention according to claim 1, a transparent magnetic layer and this transparent magnetic layer make a couple a laminated structure with the dielectric layer from which a refractive index differs. By having the polarizer of the couple which makes both sides of this laminated-structure object that comes to carry out the laminating of two or more pairs of laminated structures on a transparent substrate continuously, and contains a transparent substrate come to rotate a mutual polarization shaft That what is necessary is just to prepare the dielectric layer of one or less layer to the transparent magnetic layer of one layer, by the fewer number of layers, the magneto-optical effect is increased under a condition with the easy material selection, and the penetrated type display from which the high picture of contrast is acquired can be offered.

[0061] According to invention according to claim 2, a transparent magnetic layer and this transparent magnetic layer make a couple a laminated structure with the dielectric layer from which a refractive index differs. By the thing of this laminated-structure object that comes continuously to carry out the laminating of two or more pairs of laminated structures on the substrate which has a reflective film, and contains a substrate for which the optical incidence side is equipped with a polarizer at least The reflected type display on which the high picture of contrast is acquired, without increasing the magneto-optical effect and using a back light etc. for the bottom of a condition with the easy material selection by the fewer number of layers that what is necessary is just to prepare the dielectric layer of one or less layer to the transparent magnetic layer of one layer can be offered.

[0062] According to invention according to claim 3, when a reflected type display is constituted, by having a light-scattering layer, specular reflection can be suppressed, a viewing angle can be extended and a legible picture can be offered.

[0063] According to invention according to claim 4, by making the laminated structure which makes a pair by the transparent magnetic layer and the dielectric layer arrange symmetrically with the direction of a laminating, the bigger magneto-optical effect can be obtained and the high picture of contrast can be offered.

[0064] According to invention according to claim 5, the bright high picture of contrast can be acquired by using the big yttrium and big rare earth iron garnet of a performance index in a large visible region as a transparent magnetic layer.

[0065] According to invention according to claim 6, by equipping polarizer external surface with an antireflection film, the amount of incident lights to a transparent magnetic layer is increased, and a brighter picture can be acquired.

[0066] According to invention according to claim 7, image display by the digital signal can be made possible by equipping substrate side external surface with the magnetic-head array which magnetizes a transparent magnetic layer.

[Translation done.]